

103,104 Rh のカイラル二重項候補の寿命測定

T. Suzuki¹, T. Koike², G. Rainovski^{3,4}, T. Ahn⁴, M. Carpenter⁵, A. Costin⁴,
M. Danchev⁶, A. Dewald⁷, R.V. Janessens⁵, C.J. Lister⁵, O. Moler⁷,
N. Pietralla⁴, T. Shinozuka⁸, J. Timár⁹, C. Vamman¹⁰, R. Wadsworth¹¹, S. Zhu⁵

¹ Department of Physics, Osaka University, Japan

² Department of Physics, Tohoku University, Japan

³ St. Kliment Oridski University of Sofia, Bulgaria

⁴ SUNY at Stony Brook, NY, USA

⁵ Argonne National Laboratory, IL, USA

⁶ University of Tennessee, TN, USA

⁷ University of Cologne, Germany

⁸ Cyclotron and RI Center, Tohoku University, Japan

⁹ ATOMKI, Hungary

¹⁰ NSCL, MI, USA

¹¹ University of York, UK

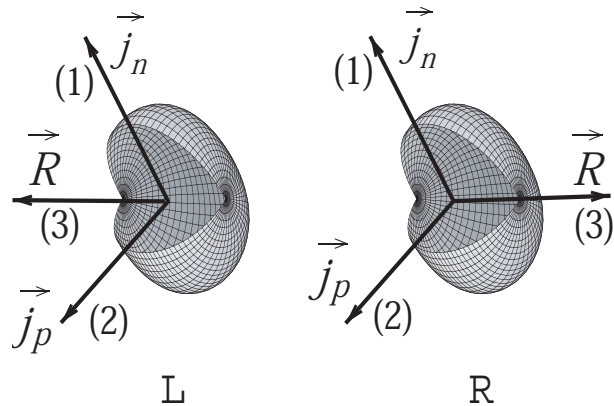
September 24, 2007 北海道大学

カイラル二重項

- 3 軸非対称変形の有力な証拠
- 3 つの角運動量ベクトルが互いに直交したとき、右手-左手系が現れる。

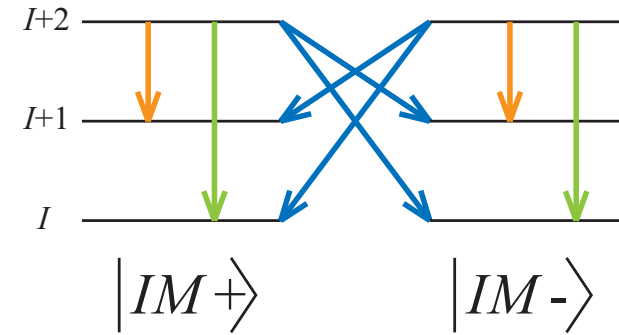
From S. Frauendorf and J. Meng Nucl. Phys. A 617 (1997) 131

- 質量数 100 領域 (配位: $\pi g_{9/2}^{-1} \otimes \nu h_{11/2}$) の場合
 1. 3 軸非対称変形における短軸
 j_n ; 中性子 (粒子) の角運動量ベクトル
 2. 3 軸非対称変形における長軸
 j_p ; 陽子 (ホール) の角運動量ベクトル
 3. 3 軸非対称変形における中間軸
 R ; 集団運動の角運動量ベクトル



From T. Koike et. al. Phys. Rev. Lett. 93 (2004) 172502

→ 小池武志、原子核研究 Vol.52 p.8



$$[O, H] = 0$$

$$O = TR(\pi)$$

$$H |IR\rangle = \epsilon_R |IR\rangle, \quad H |IL\rangle = \epsilon_L |IL\rangle$$

$$O |IR\rangle = |IL\rangle, \quad O |IL\rangle = |IR\rangle$$

$$\epsilon_R = \epsilon_L$$

$$\begin{cases} |IM+\rangle & = \frac{1}{\sqrt{2}} (|L\rangle + |R\rangle) \\ |IM-\rangle & = \frac{i}{\sqrt{2}} (|L\rangle - |R\rangle) \end{cases}$$

$$H |IM\pm\rangle = \epsilon |IM\pm\rangle$$

$$O |IM\pm\rangle = |IM\pm\rangle$$

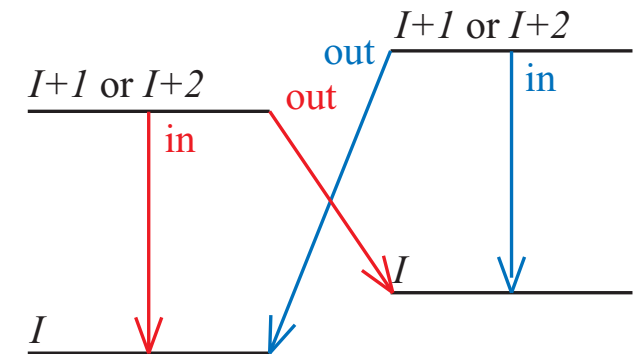
カイラル二重項を実験で示すための主要な条件

- **同じパリティをもつほぼ縮退した** 2つの $\Delta I = 1$ 回転バンドを観測すること
 - $A \sim 130$ 領域の奇々核、奇核で観測されている
配位: 陽子 $h_{11/2}$ 粒子、中性子 $h_{11/2}$ ホール
* $^{124,126,128,130,132}\text{Cs}$, $^{130,132,134}\text{La}$, $^{132,134}\text{Pr}$, ^{136}Pm , $^{138,140}\text{Eu}$, ^{135}Nd , ^{135}Ce
 - $A \sim 100$ 領域の奇々核、奇核で観測されている
配位: 陽子 $g_{9/2}$ ホール、中性子 $h_{11/2}$ 粒子
* ^{107}Ag , $^{102,103,104,105,106}\text{Rh}$, ^{100}Tc
- $B(E2 : I \rightarrow I - 2)_{\text{in,out}}$ および $B(M1 : I \rightarrow I - 1)_{\text{in,out}}$ の値がバンド間で**等しいか似ている**こと (電磁氣的性質の議論)
 - **寿命測定**が必要
 - * 質量数 130 領域の ^{134}Pr , ^{132}La , and ^{128}Cs では測定された
 - * 質量数 100 領域ではまだ測られていない

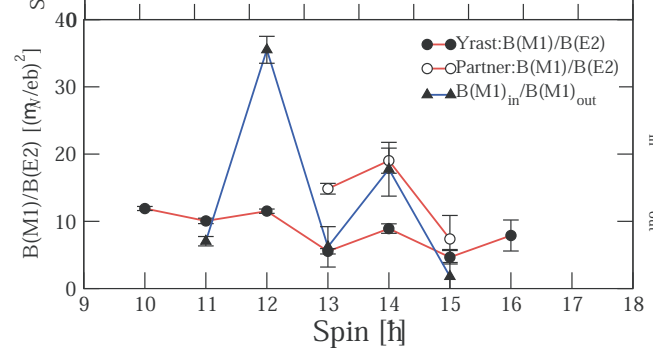
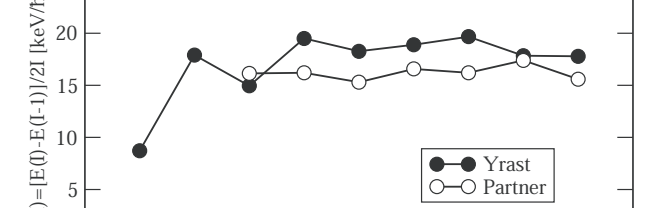
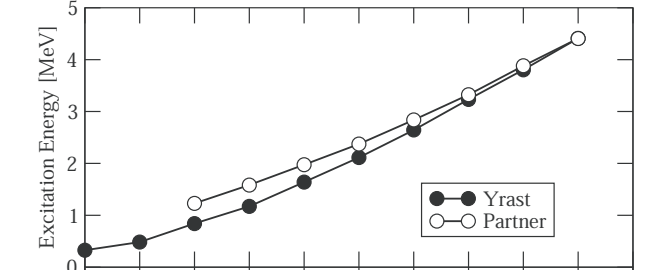
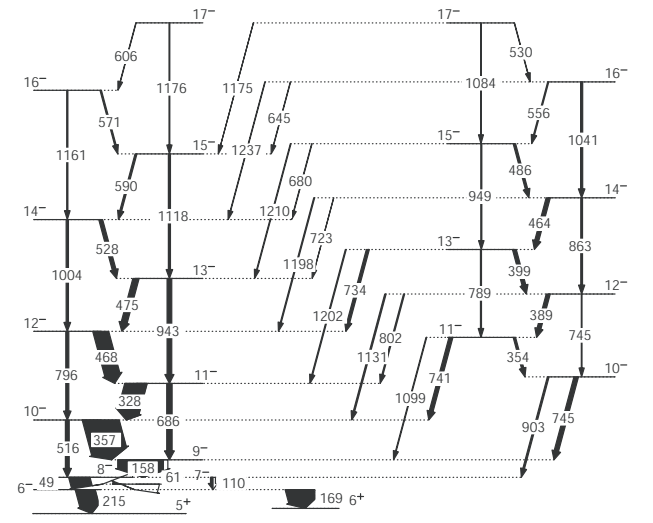
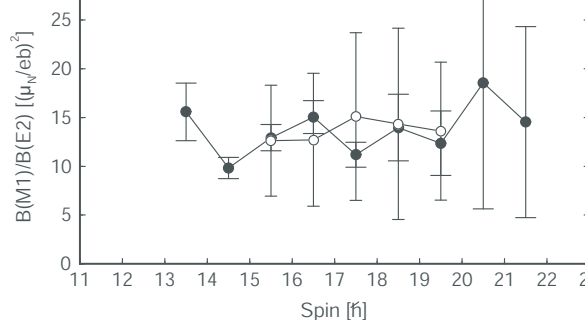
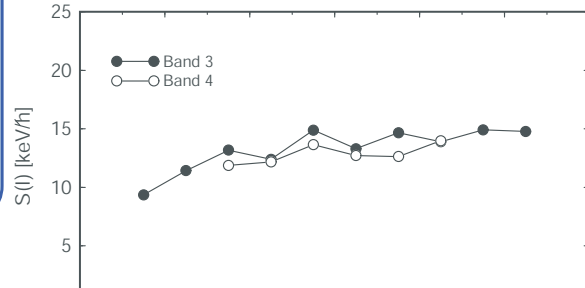
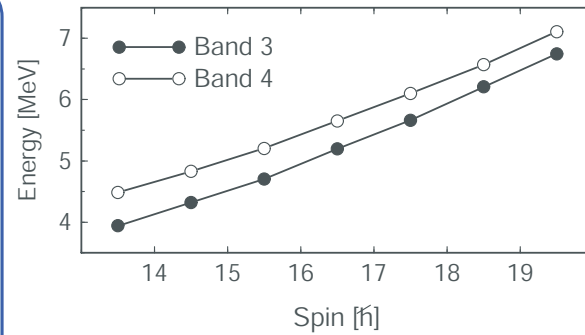
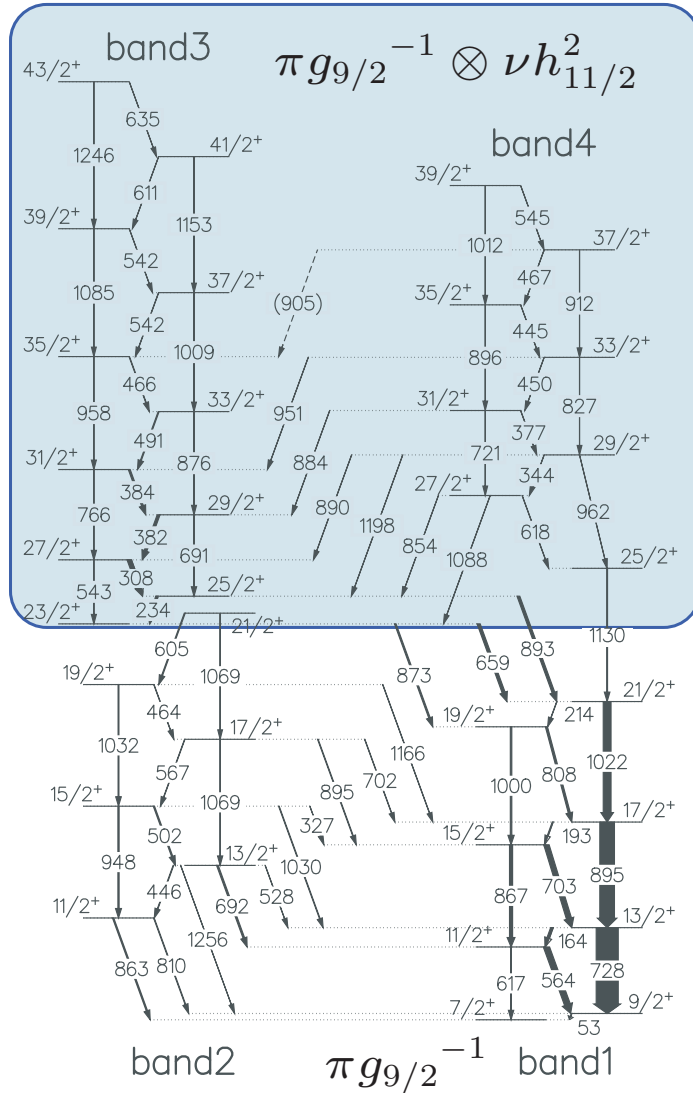
From C.M. Petrache et. al. Phys. Rev. Lett. 96 (2006) 112502

$^{103, 104}\text{Rh}$ におけるカイラル二重項候補の寿命測定

GAMMASPHER, Cologne plunger device

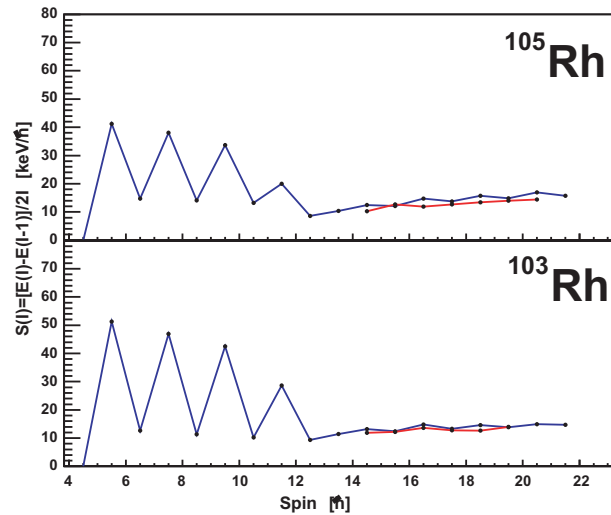
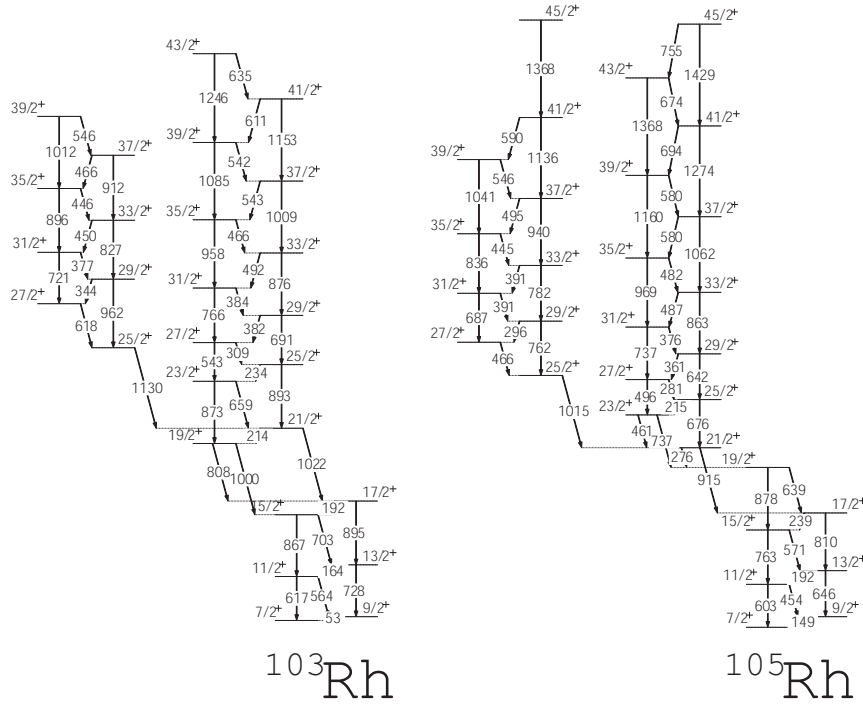


103,104Rh のカイラル二重項候補



From J. Timar et. al. Phys. Rev. C 73 (2006) 011301.
 C. Vaman et. al. Phys. Rev. Lett. 92 (2004) 032501.

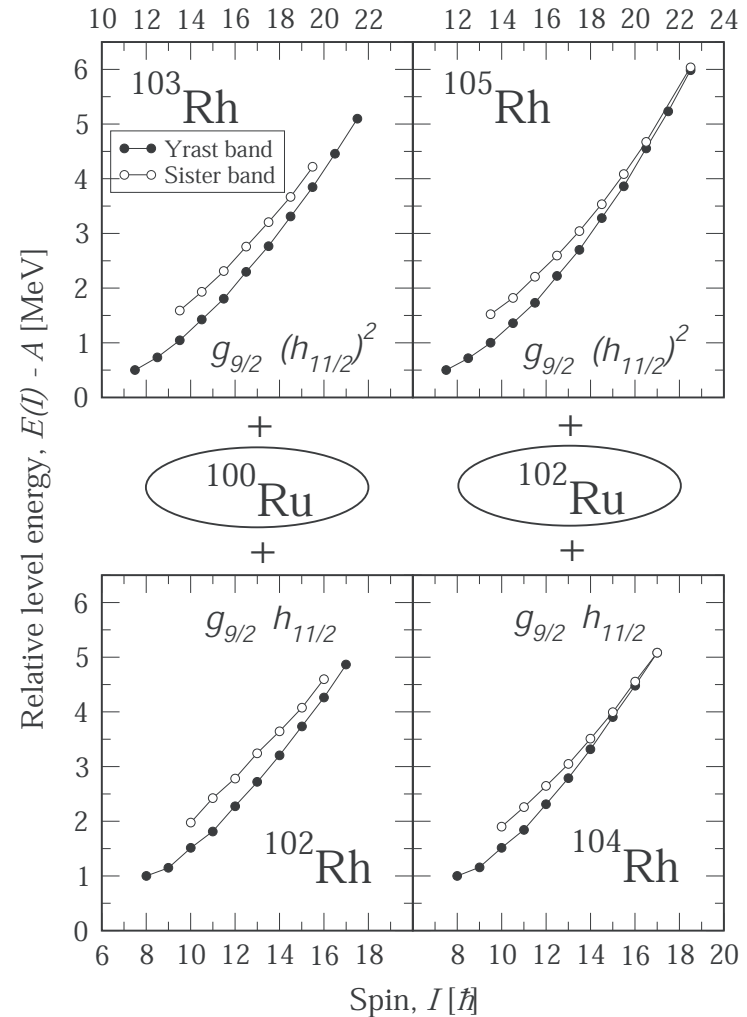
^{103}Rh と ^{105}Rh



集団回転と単一粒子角運動量の配置が類似している。

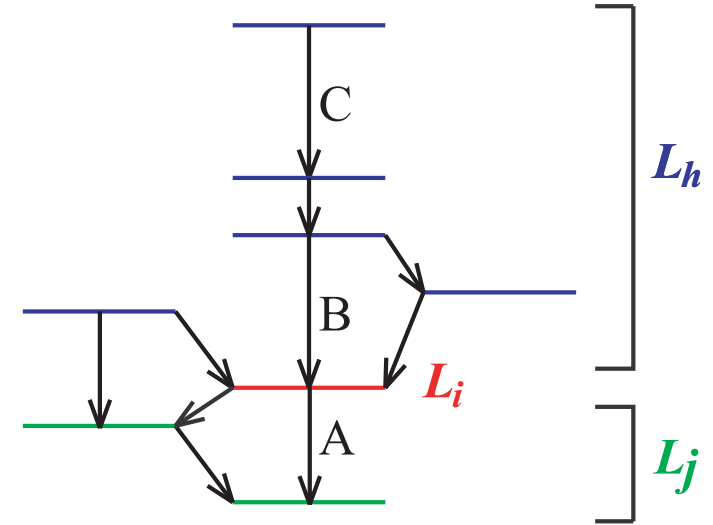
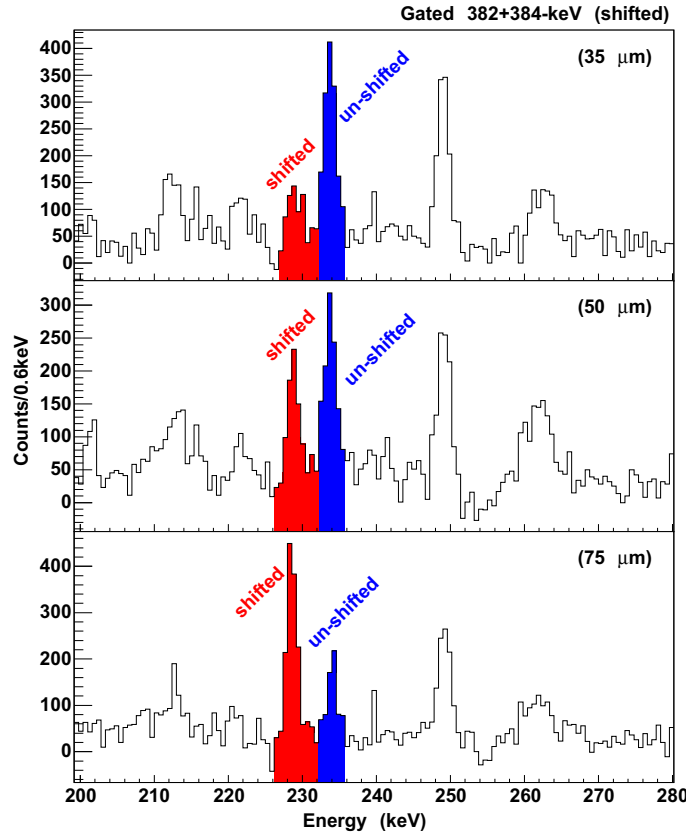
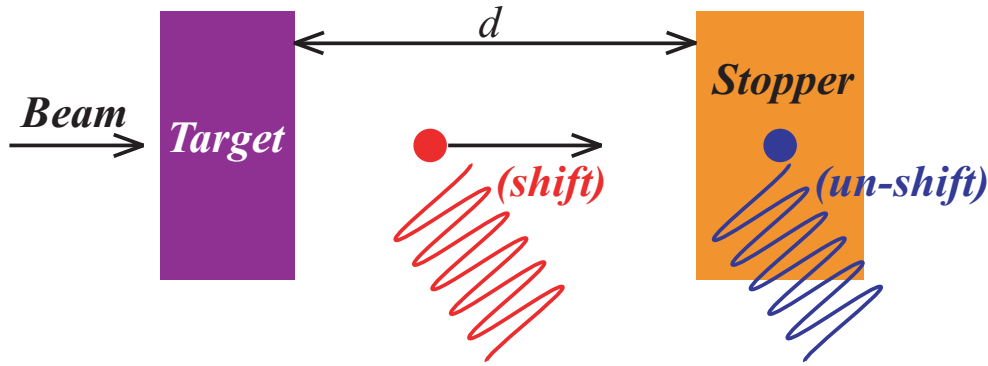
^{105}Rh は TAC 計算が報告されている

J. Timar et. al. Phys. Lett. B 598 (2004) 178



From J. Timar et. al. Phys Rev C 73 (2006) 011301.

Coincidence Recoil Distance Doppler Shift Method (RDDS)



$$\frac{dn_i}{dt} = -\lambda_i n_i(t) + \sum_h \lambda_h n_h(t) b_{hi}$$

$$\tau_i = \frac{-N_{ij}(t) + b_{ij} \sum_h N_{hi}(t)}{\frac{dN_{ij}(t)}{dt}}$$

$$\tau_i = \frac{I_{s,u}^{BA}(x)}{I_{s,s}^{BA}(x + \Delta x) - I_{s,s}^{BA}(x - \Delta x)} \frac{2\Delta x}{v}$$

$$\tau_i = \frac{I_{s,u}^{CA}(x) - \alpha I_{s,u}^{CB}(x)}{I_{s,s}^{CA}(x + \Delta x) - I_{s,s}^{CA}(x - \Delta x)} \frac{2\Delta x}{v}, \alpha = \frac{I^{CA}}{I^{CB}}$$

From A. Dewald et. al. Z. Phys. A 334 (1989) 163;

G. Böhm et. al. Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. A 329 (1993) 248

GAMMASPHERE GSFMA169

質量数 100 領域におけるカイラル二重項候補の寿命測定実験

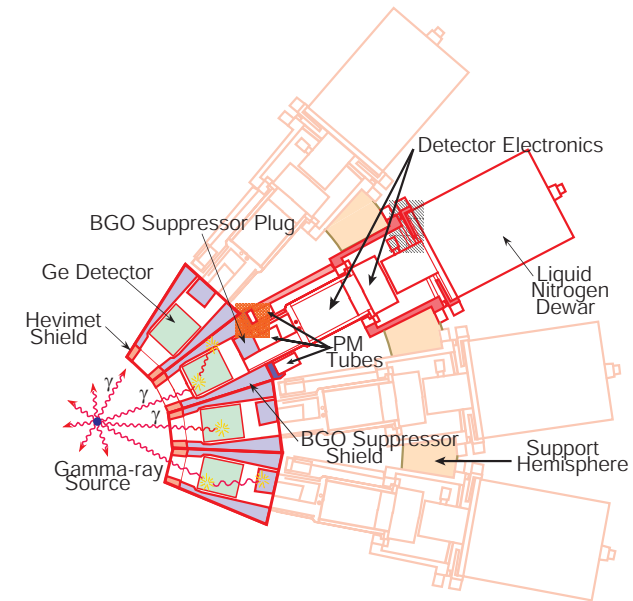
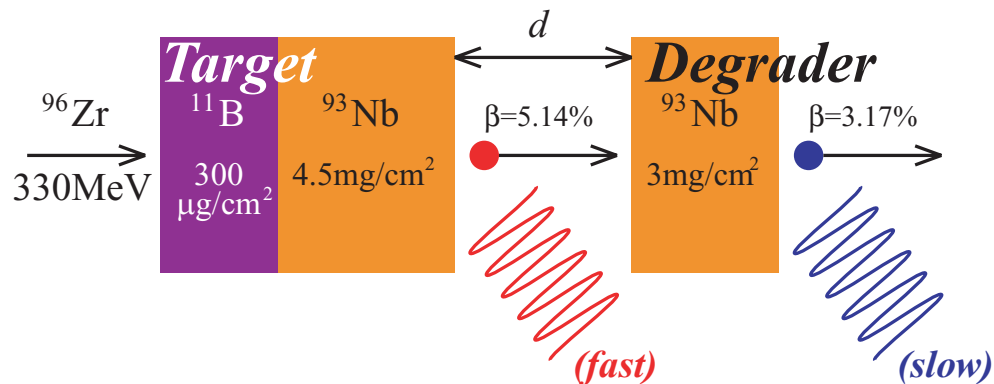
- Recoil Distance Doppler Shift Method (RDDS)
 - GAMMASPHERE
 - ケルン大学のプランジャー
- 逆運動学 (反跳粒子の速度が大きい)

反応 $^{11}\text{B}(^{96}\text{Zr}, xn)^{104,103}\text{Rh}$ ($x=3,4$)

ビーム $E(^{96}\text{Zr}) = 330\text{MeV}$
(ANL ATLAS 加速器)

トリガー $\gamma\text{-}\gamma$ (ビーム電流が少ないため)

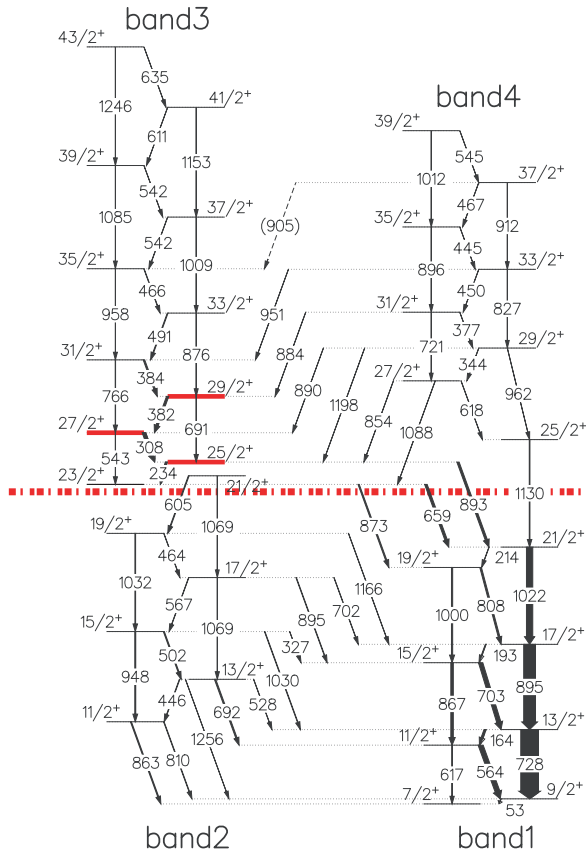
RDDS 距離 7 点 (8,15,23,35,50,75,100 μm)



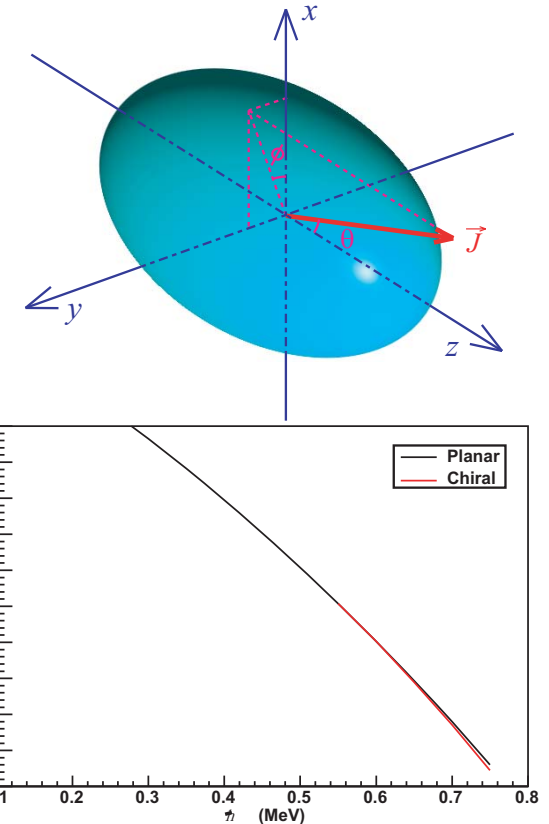
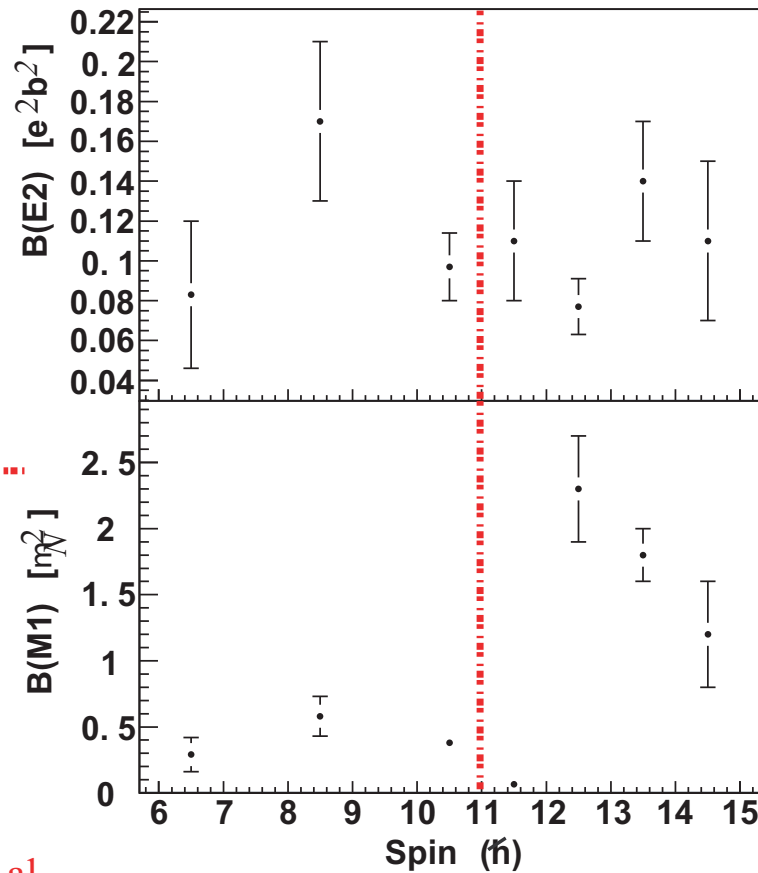
Front ring		Back ring	
angle	N_{det}	angle	N_{det}
		121.72°	5
35.26°	8	129.93°	10
50.07°	10	145.45°	10
58.28°	5	162.73°	5

84 個の $\gamma\text{-}\gamma$ マトリックスをゲートしながらピークを最小自乗適合

^{103}Rh の実験結果と ^{105}Rh の計算値



Level scheme From J. Timar et. al. Phys. Rev. C 73 (2006) 011301

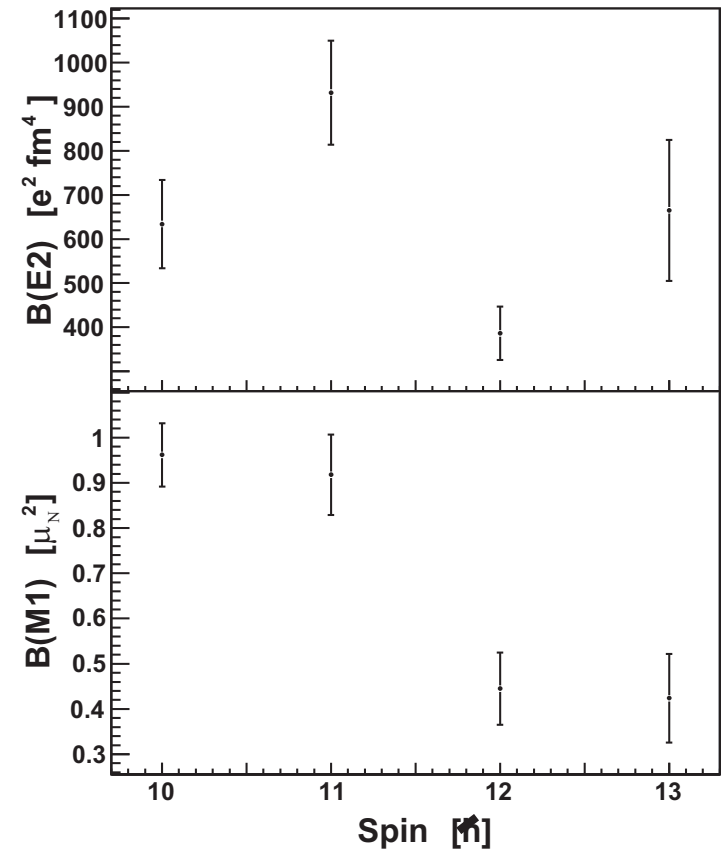
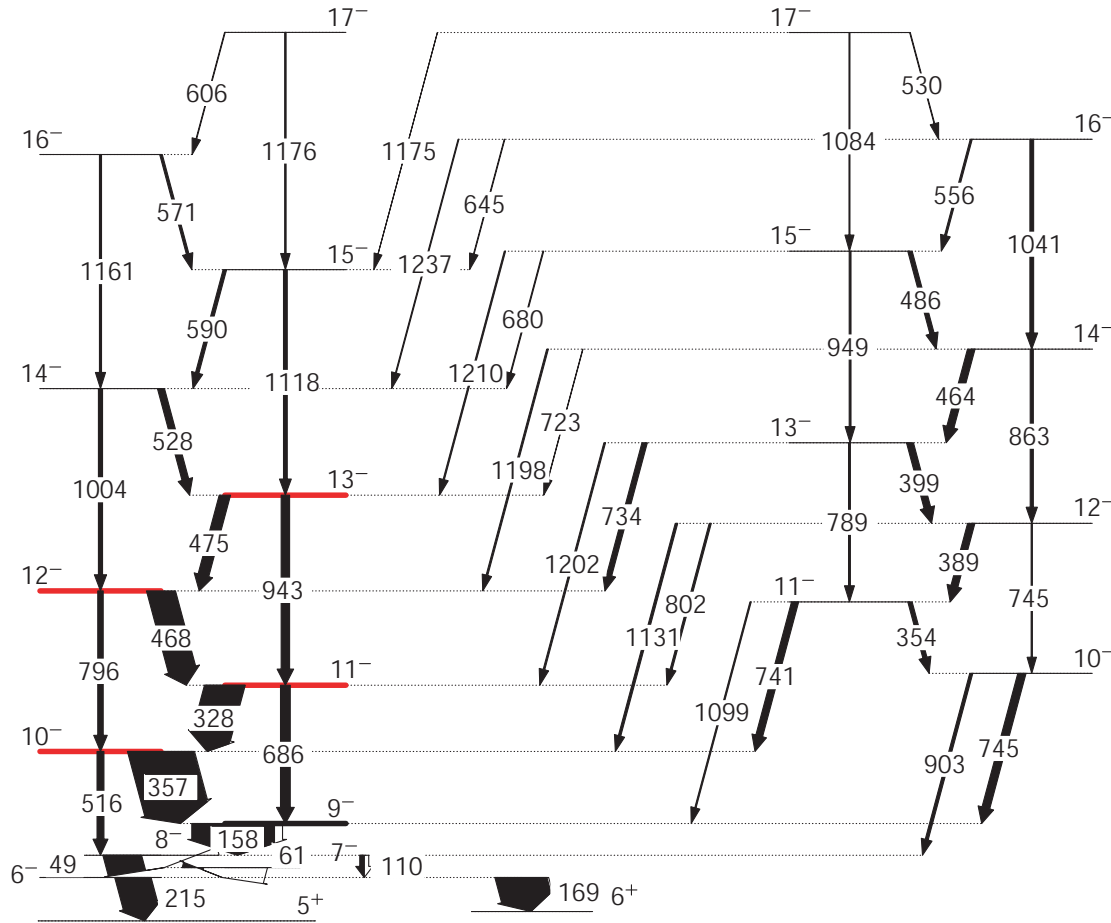


TAC Calc From J. Timar et. al. Phys. Lett. B 598 (2004) 178

Level		TAC for ^{105}Rh		Exp. for ^{103}Rh		
Energy (keV)	Spin (J^π)	ω	$B(E2)$ (e^2b^2)	$B(M1)$ (μ_N^2)	$B(E2)$ (e^2b^2)	$B(M1)$ (μ_N^2)
3631	$25/2^+$	0.25	0.09	2.28	0.077(14)	2.3(4)
3940	$27/2^+$	0.30	0.09	2.16	0.14(3)	1.8(2)
4322	$29/2^+$	0.35	0.09	2.03	0.11(4)	1.2(4)

ω	planar	aplanar
0.55	-4.297	-4.297
0.60	-5.971	-5.976
0.65	-7.064	-7.102
0.70	-8.206	-8.295
0.75	-9.397	-9.552

^{104}Rh の実験結果



- $B(M1)/B(E2)$ のスピン依存性は $B(E2)$ のスピン依存性に起因
 - カイラル二重項では $B(M1)$ にスピン依存性が期待されている。
T. Koike et. al. Phys. rev. Lett. 93 (2004) 172502.
 - $B(E2)$ がスピン依存性の原因は不明。

Summary

- カイラル二重項の候補である $^{103,104}\text{Rh}$ におけるバンドメンバの寿命測定を行った。
 - RDDS、GAMMASPHERE
- ^{103}Rh について
 - カイラル二重項に関連する準位では 3 準位の寿命を得た。
 - TAC 計算が報告されている ^{105}Rh の TAC 計算との比較を行った。
 - TAC 計算は、 $\omega \geq 0.55$ の領域でカイラル二重項実現を示唆している。
 - 寿命を得た 3 準位 ($0.25 \geq \omega \geq 0.35$) は ^{105}Rh の TAC 計算とよく一致した。
- ^{104}Rh について
 - 4 準位の寿命を得た。
 - 報告されていた $B(M1)/B(E2)$ のスピン依存性は $B(E2)$ に依存していた。
 - $B(E2)$ がスピン依存性を持つ原因は不明である。